

LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS

Evaluación cualitativa y clasificación

Métodos no destructivos

Margarita Ruiz Altisent

Profesor titular Departamento de Ingeniería Rural, ETSIA. Universidad Politécnica de Madrid.

Pictiaw Chen

Profesor, Department Agricultural Engineering, Universidad de California (EE. UU.).

La evaluación cualitativa de los productos agrícolas ha constituido un importante objeto de interés para numerosos investigadores durante los últimos años. Sin embargo, no existe una definición clara de "calidad" para los productos agrícolas. Diferentes investigadores la definen de forma diferente. La más general define la calidad como la posesión de aquellas cualidades que el consumidor desea encontrar en el producto. Sin embargo, usualmente se utilizan determinados factores básicos para caracterizar dicha calidad: tamaño, forma, color, sabor, textura, aroma y ausencia de defectos y de materiales extra-

Este trabajo presenta una descripción de los diferentes métodos no destructivos utilizables para la tría, la clasificación y la evaluación cualitativa de productos agrícolas, desarrollados por diversos investigadores en las tres últimas décadas.

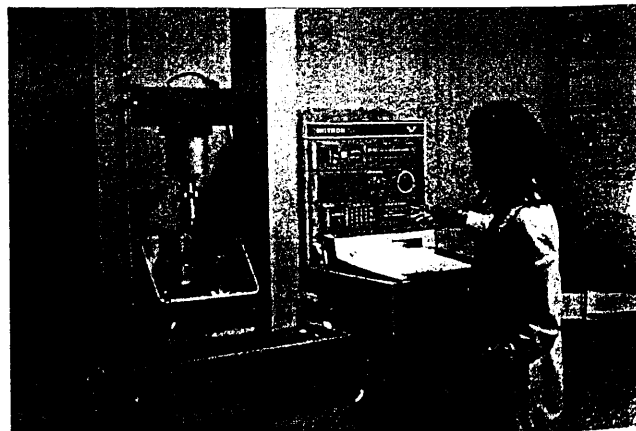
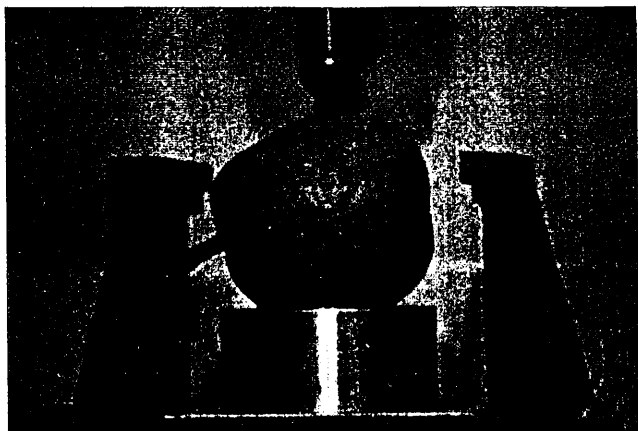
ños. Dado que muchos de estos factores de calidad están íntimamente relacionados con las propiedades físicas de los mismos productos, en la mayoría de los casos es posible desarrollar métodos no destructivos basados en dichas propiedades físicas para evaluar la calidad. Este trabajo presenta una perspectiva general de dichos métodos.

Densidad

Las relaciones entre densidad y calidad en los productos agrícolas se llevan

estudiando durante más de un siglo. La densidad de muchos frutos y hortalizas aumenta con la madurez. Además, ciertos tipos de daños y defectos, como los daños por heladas en cítricos, daños por insectos en granos y en frutos, bñado en tomates, pepinos o corazón hueco en patatas tienden a reducir la densidad del producto. Los investigadores han desarrollado diferentes métodos para evaluar la calidad de frutos y hortalizas basados en su densidad. Algunos de los métodos más comunes son: eliminación de los frutos que flotan en agua o en disoluciones de densidad determinada; introducción de los frutos en una corriente de agua, en la que los de menor densidad se elevan más rápidamente que los más densos; liberación de los frutos desde el fondo de una corriente de agua, eliminando los de las diferentes clases de densidad en la superficie del canal a diferentes distancias horizontales desde el punto de liberación. Recientemente se ha diseñado un método que utiliza un lecho fluidizado (aire a presión) para la separa-

Fig. 1. Determinación de la dureza de una pera por compresión con un esfera de acero, utilizando la máquina universal de ensayos (Instron).



ción de patatas y piedras, contando con una planta piloto que alcanza una capacidad de trabajo considerable (2,5 toneladas/hora).

Firmeza

La firmeza (equiparable a la dureza) es una propiedad física que se utiliza con gran generalidad para evaluar la calidad de frutos y hortalizas. En muchos de estos productos, la firmeza está relacionada con la madurez. En general, la firmeza de los frutos disminuye gradualmente según avanza el proceso de maduración, y disminuye rápidamente cuando sobremaduran. Frutos sobremaduros o dañados se vuelven relativamente blandos. Por lo tanto, la firmeza puede utilizarse como criterio para clasificar productos agrícolas en diferentes clases de madurez, y para separar frutos sobremaduros o dañados, de frutos en buen estado. Se han desarrollado diferentes métodos para la determinación de la firmeza, no considerándose aquí los métodos destructivos clásicos.

Fuerza-deformación

Se ha desarrollado hace años un método que aplicaba aire a presión sobre la superficie de frutos de melocotón en ambas caras con el fin de generar una deformación no destructiva, indicativa de la madurez. Otro desarrollo se basa en la medida de la deformación causada por una pareja de bolas de acero presionadas en ambas caras opuestas del fruto. En otro caso se utilizó un penetrador de punta esférica de tan sólo 3 mm. de diámetro.

Fuerza de impacto

Varios investigadores han desarrollado técnicas de evaluación no destructiva de la firmeza basadas en la respuesta al impacto de los frutos.

La fuerza de respuestas de una esfera elástica que impacta sobre una superficie rígida está determinada por la velocidad del impacto, la masa, el radio de curvatura, el módulo de elasticidad y el módulo de Poisson de ambos cuerpos. Se ha observado que el impacto de una esfera sobre un fruto o, alternativamente, de un fruto sobre una superficie rígida, puede estudiarse

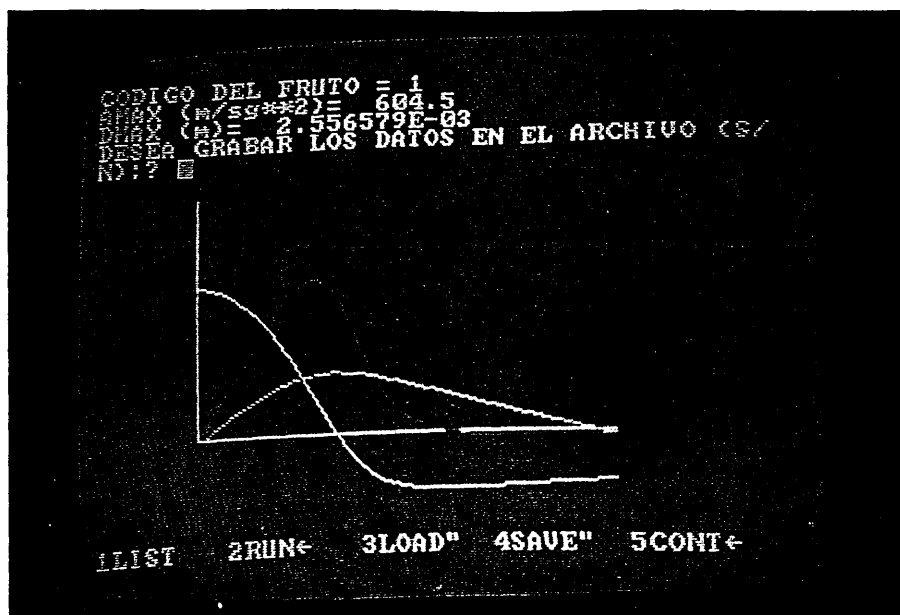


Fig. 2. Respuesta a un impacto de una esfera de acero sobre un fruto, tal como se obtiene en un dispositivo de ensayos, conectado a un ordenador personal. Se observan la curva de fuerzas (rosa), de velocidades y de deformaciones durante el contacto impactador-fruto, de duración unos siete milisegundos. (Ruiz y otros, 1989).

como un impacto entre dos cuerpos elásticos, y que la firmeza del fruto en cada caso tiene un efecto directo sobre la fuerza de respuesta al impacto, sobre la duración del mismo (tiempo de impacto) y sobre otros parámetros. Trabajando con tomates, se demostró que si se dejan caer desde una altura de 70 cm. sobre una superficie aproximadamente rígida, la fuerza de respuesta está altamente correlacionada con el peso del fruto y con su firmeza. Sobre este principio se ha desarrollado una máquina experimental de clasificación de tomates, la cual, por medio de la medida y el análisis de la fuerza de respuesta al impacto del fruto, puede separar tomates según características de peso y de color (madurez). El análisis de la fuerza de respuesta de melocotones impactando una superficie rígida, o de una esfera rígida impactando frutos de pera, muestra que ciertos parámetros del impacto están muy correlacionados con el módulo de elasticidad y con las medidas de penetrometría (ensayo destructivo de la firmeza consistente en la penetración de un vástago cilíndrico en la pulpa del fruto y medida de la fuerza correspondiente).

Impacto-rebote

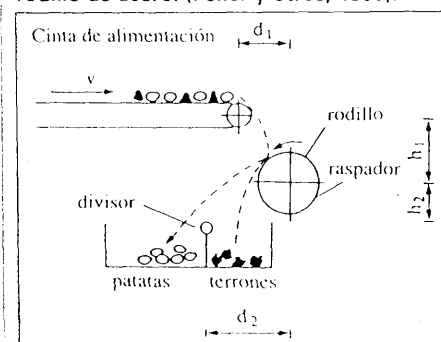
Se ha desarrollado un método para la separación de naranjas dañadas o de patatas y terrones, o de cebollas y terrones ba-

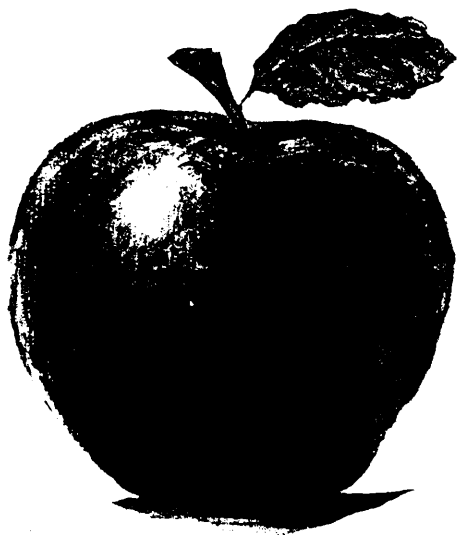
sado en el rebote diferente de los diferentes productos, dado su diferente módulo de elasticidad. Los productos mezclados se dejan caer sobre un cilindro de acero giratorio; la diferencia entre la distancia de rebote de los distintos materia se utiliza para separarlos, recogidos en colectores diferentes.

Características vibratorias

La respuesta de los frutos y vegetales a las vibraciones depende de su módulo de elasticidad (que es una manifestación de la firmeza) de su masa y de su geometría. Por lo tanto, existe la posibilidad de evaluar la firmeza de frutos basándose en sus características vibratorias.

Fig. 3. Esquema de una máquina experimental para la eliminación de terrones en patatas por rebote sobre un rodillo de acero. (Feller y otros, 1985).





Vibraciones de baja frecuencia

Hace ya unos quince años que investigadores observaron que los pequeños frutos, como los arándanos y las uvas se pueden seleccionar por firmeza por medio de vibraciones de baja frecuencia. En este método, los frutos se colocan en un conducto en forma de L, uno de cuyos extremos vibra a una frecuencia y a una amplitud específica (aproximadamente 200 hercios y 0,3 mm.). Los frutos de un determinado intervalo de firmeza reaccionan rebotando fuera del conducto vibratorio; este procedimiento está plasmado en un dispositivo clasificador de pequeños frutos (arándanos, etc).

Vibración sónica

La respuesta de los frutos a las vibraciones producidas por generadores de sonido se estudiaron hace muchos años. En relación a manzanas, se observó que, sometidas éstas a excitación vibratoria, muestran una serie de frecuencias de resonancia, y que la segunda frecuencia de resonancia (relacionada con vibraciones de flexión) está muy influida por el tamaño y la firmeza del fruto. La firmeza está muy correlacionada con el coeficiente de rigidez f^2/m , siendo f la segunda frecuencia de resonancia y m la masa del fruto. Se desarrollaron dispositivos no destructivos para la clasificación de manzanas y de melocotones. Los parámetros determinados en varios de estos estudios se refieren a la transmisibilidad de la vibración, a la velocidad de propagación de los impulsos y a las propiedades de resiliencia de todo tipo de productos biológicos sólidos.

Respuesta acústica

Se conoce popularmente que la madurez y otras propiedades de ciertos frutos como manzanas, melones y piñas pueden determinarse escuchando el sonido que producen al golpearlos ligeramente. Varios investigadores han tratado de verificar esta práctica estudiando la respuesta acústica de los frutos. Así, desarrollaron una medida no destructiva para determinar la textura de manzanas y de sandías basada en la respuesta acústica de los frutos: obtuvieron primeramente las frecuencias naturales del fruto intacto grabando el sonido producido al golpear el fruto con un péndulo y después aplicando la transformada de Fourier a la señal sónica producida. Se comprobó que las frecuencias naturales, tanto de las manzanas como de las sandías, decrecen con la maduración, y que es posible establecer unos índices de firmeza (determinada ésta tanto objetiva como sensorialmente) basados en estas frecuencias naturales e incluyendo la masa y la densidad de los frutos.

Ultrasonidos

Se han utilizado con buenos resultados técnicas de ultrasonido para evaluar la calidad y la estabilidad de zumos reconstruidos, la estructura de la piel de las naranjas o la presencia de grietas en tomates. Sin embargo, se ha verificado que el coeficiente de atenuación de los tejidos de patatas, melón y manzana presenta unos valores extremadamente altos en el intervalo de frecuencias de 0,5 a 1,0 MHz (megahercios). De estas y otras observaciones se concluye que, debido a la naturaleza porosa de los tejidos de los frutos, los ultrasonidos de alta frecuencia no pueden penetrar profundamente en los mismos, y por lo tanto, no son adecuados para estudiar la estructura interna de estos materiales. Existen a pesar de todo ciertas referencias en las que se encuentran en granos de cereales buenas correlaciones entre la velocidad de propagación de los ultrasonidos y el contenido de humedad.

Propiedades ópticas

Una de las técnicas más prácticas y que han dado mejores resultados para la evaluación no destructiva de la calidad y para

la clasificación de productos agrícolas es la técnica electroóptica, basada en las propiedades ópticas de los productos.

Cuando un rayo de luz intercepta un producto agrícola, tal como un fruto, solamente se refleja de su superficie alrededor de un 4 por 100 de la radiación incidente en forma de reflexión especular. El resto de la radiación se transmite a través de la superficie, encontrando pequeñas interfases en la estructura celular, y se dispersa en todas direcciones. Una gran proporción de esta radiación se difunde de nuevo hacia la superficie y abandona el fruto en el área cercana al punto de incidencia. El resto de la luz se dispersa en el interior del fruto, pudiendo alcanzar la superficie del mismo por otra zona distinta de la iluminada. Al atravesar el fruto, una fracción de esta luz es absorbida por diversos constituyentes de los tejidos, variando la absorción según las sustancias encontradas, la longitud de onda y el camino recorrido. Ciertas sustancias incluso pueden transformar la luz en otras formas de radiación, tal como fluorescencia y emisión luminosa retardada. Por lo tanto, la radiación que abandona la superficie del fruto puede estar compuesta de uno o varios de los siguientes componentes: reflexión especular, reflexión difusa, transmisión y emisiones (fluorescencia, fosforescencia y emisión retardada). De todo ello se deduce que las características de la radiación que proviene de la superficie del producto dependen de las propiedades del producto y de la radiación incidente; por consiguiente, la determinación de estas características ópticas de un producto agrícola puede suministrar información relativa a factores de calidad del mismo.

Índice de calidad

Un factor importante en la evaluación de la calidad de los alimentos por métodos ópticos (sin excluir a otros métodos, los cuales requieren la formulación de índices) es la selección de "índices de calidad": valores cuantitativos formulados a partir de una o más lecturas ópticas. Un buen índice de calidad debe poseer las siguientes características:

1. Debe estar muy correlacionado con el factor de calidad que se esté evaluando.

2. No debe estar afectado por otros parámetros físicos del producto.
3. Debe presentar pocas variaciones con las del dispositivo de medida, tal como intensidad de la fuente luminosa, sensibilidad del detector o variación de la respuesta del detector.

El procedimiento general para llegar a tales índices consiste en estudiar las características ópticas del producto en varias regiones del espectro óptico y en seleccionar una serie de longitudes de onda en las que las lecturas ópticas resulten correlacionarse bien con el factor de calidad estudiado. Se formulan entonces índices de calidad con las lecturas ópticas a una o varias longitudes de onda. Se ha demostrado que un índice calculado como el cociente de dos medidas ópticas tomadas en un corto espacio de tiempo minimiza mucho las variaciones instrumentales. En medida de transmisión óptica se utiliza frecuentemente la diferencia de densidad óptica a dos longitudes de onda distinta. Si estas longitudes de onda son próximas, la diferencia se convierte en la pendiente del espectro en esa zona, y así se utiliza con muy buenos resultados. Este tipo de índice puede eliminar también diferencias de tamaño de la muestra y diferencias en la sensibilidad del aparato.

El análisis de las curvas espectrales puede actualmente realizarse electrónicamente sin ninguna dificultad, lo que hace posible el estudio de numerosas muestras y establecer el índice o índices de calidad en función de determinadas características del producto y de las exigencias de clasificación en cada caso, en el producto de que se trate.

En las tres últimas décadas se han estudiado las propiedades ópticas de numerosos productos agrícolas, estableciendo correlaciones entre estas propiedades ópticas y otras propiedades de calidad. La reflexión o reflectancia óptica se ha utilizado para la determinación de las propiedades que se expresan en la cercanía de la superficie del producto. Las posibles aplicaciones de esta técnica incluyen: evaluación de la madurez; clasificación por color, como la de tomates verdes y rojos, o limones verdes en las cosechadoras y máquinas clasificadoras; detección

de defectos superficiales y materiales extraños en la superficie, como en las ciruelas pasas; daños mecánicos, podredumbres, daños por insectos y otros defectos en naranjas, tomates y manzanas; tría de materiales extraños, como piedras y terrones, de patatas, cebollas, ajos o tomates; detección de manchas en pollo, etc. Las características de transmisión y de absorción se han utilizado para determinar la calidad interna de diversos alimentos: detección de sangre en el interior de huevos, corazón pardo en manzanas, corazón hueco en patatas, fragmentos de hueso en medios melocotones, enfermedades fúngicas en granos, huesos en cerezas; evaluación de la madurez de frutos, color interno en tomates, materia seca en cebollas, y muchos otros. Pueden utilizarse la fluorescencia y la emisión luminosa retardada para evaluar la madurez de frutos. Existen numerosas publicaciones que recogen estas aplicaciones, incluyendo datos y resul-

tados concretos de todas las posibilidades aquí esbozadas.

Se utilizan diversas máquinas clasificadoras comerciales que utilizan las técnicas de reflexión difusa, ya sea como componentes de cosechadoras o en las plantas hortofrutícolas. La mayoría de las cosechadoras de tomate de industria americana van provistas de selectores ópticos, dos por máquina, para la eliminación de frutos verdes y terrones y piedras, con una capacidad de hasta 35 t/h. Existen también selectores comerciales similares para la separación de piedras y terrones en patatas, cebollas y ajos. En las centrales hortofrutícolas se utilizan clasificadores electrónicos, controlados por ordenador, para la clasificación y tría de cítricos, tomates, manzanas y otros frutos. Asimismo, productos de pequeño tamaño, tal como judías, cacahuetes, café, guisantes y arroz pueden hoy seleccionarse por selectores auto-

Fig. 4. Selector de terrones por infrarrojos, en una cosechadora de tomate de industria. Está montado en la parte anterior de la cosechadora, en la que una banda transversal va recogiendo el producto que cae al final de la primera cadena elevadora, mezcla de frutos, terrones, piedras y polvo.



máticos ópticos con capacidad de hasta 200 Kg/canal.

Análisis en el infrarrojo

Hace ya treinta años que se empezó a utilizar la radiación infrarroja cercana para la detección de humedad en granos. Más tarde se han ido estudiando las características de reflexión y transmisión de numerosos productos agrícolas, observándose que la reflexión en el infrarrojo (IR) puede proporcionar información sobre muchos factores de calidad de los productos agrícolas. Aquí también, las técnicas de tratamiento de los datos, es decir, de las curvas espectrales, han sido fundamentalmente en el desarrollo de estos procedimientos. Así, la conversión de los datos de reflectancia (R) o transmisión (T) a $\log(1/R)$ y a $\log(1/T)$ proporciona la adecuada linealidad entre la concentración de una sustancia y el parámetro de interés. La utilización de derivadas de las curvas espectrales elimina la mayor parte de las superposiciones de bandas ópticas específicas, y elimina efectos de tamaño y de pérdidas de energía lumínica por difusión. Recientemente se han demostrado también las ventajas de utilizar transformadas de Fourier de las curvas espectrales, pues posibilitan la utilización de los parámetros o coeficientes de Fourier en lugar de la totalidad de datos ópticos: 1.000 puntos se transforman en 50, y en muchos casos bastan 10 o 15 puntos para caracterizar un producto.

Existen dispositivos comerciales que utilizan técnicas de infrarrojo para el análisis de granos, semillas oleaginosas, productos lácteos, forrajes, piensos, etc.

Propiedades eléctricas

En las últimas dos décadas, el estudio de las propiedades eléctricas de los productos agrícolas ha sido el foco de interés de muchos investigadores. Se han llevado a cabo numerosos estudios para determinar las propiedades eléctricas y dieléctricas de un gran número de materiales agrícolas, desde granos y semillas, hasta frutos y hortalizas. Las propiedades dieléctricas de muchos productos agrícolas, especialmente de los materiales higroscópicos,

son muy dependientes de su contenido de humedad. Esta relación entre contenido de humedad y propiedades eléctricas se ha utilizado para medir la humedad en granos y semillas. Sin embargo, esta propiedad enmascara otras variaciones en las propiedades eléctricas de los materiales que podrían utilizarse para determinaciones no destructivas de su calidad. Por ello, los resultados obtenidos hasta ahora en esta técnica no pueden considerarse actualmente para una posible aplicación práctica para la determinación no destructiva de la calidad.

Resonancia magnética nuclear

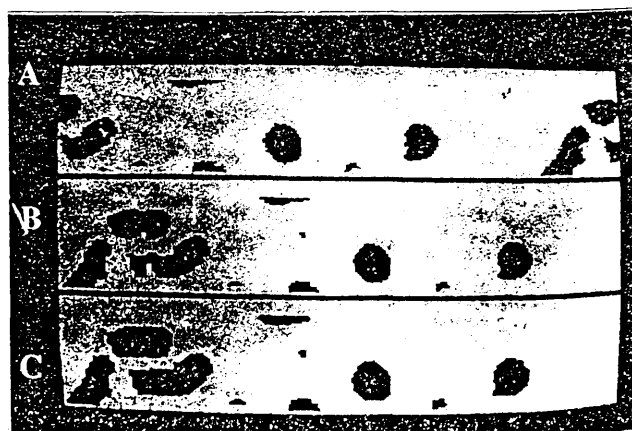
La resonancia magnética nuclear (R. M. N.) es una técnica que detecta la concentración de núcleos de hidrógeno (protones) y es sensible a variaciones en la concentración y en el estado de combinación del agua y las grasas en el material. Por ello, el método R. M. N. puede utilizarse para la evaluación de la humedad y del contenido de grasa de granos y semillas. La R. M. N. pulsante se ha demostrado que es más sensible a la humedad en granos de trigo que las técnicas dieléctricas actualmente utilizadas. Las imágenes de R. M. N. se utilizan comercialmente en el campo de la medicina, para la detección de tumores y otros defectos humanos, pero sus posibilidades de aplicación a la detección de defectos y de la calidad en frutos y hortalizas no han sido estudiadas hasta muy recientemente. Se han realizado observaciones de corazón pardo en manzanas Red

Delicious. Chen y otros (1988) utilizan la R. M. N. para evaluar varios factores de calidad en frutos y hortalizas. Se obtienen observaciones del alta resolución de las estructuras internas de frutos, y de factores de calidad internos como magulladuras, regiones desecadas, daños por gusanos, descomposición interna, estado de madurez y presencia de huecos, semillas y huesos, etc. La variación de los parámetros experimentales influye mucho en las imágenes obtenidas y, por lo tanto, constituyen un amplio campo de investigación. El desarrollo de sensores de R. M. N. de bajo coste abriría grandes posibilidades de aplicación para la evaluación no destructiva de productos agrícolas de toda clase.

Rayos X y rayos gamma

Las radiaciones de corta longitud de onda, como los rayos x y los rayos gamma, pueden penetrar a través de la mayoría de los productos agrícolas. El nivel de transmisión de estos rayos depende fundamentalmente de la densidad y del coeficiente de absorción del material. Por ello, estas radiaciones son apropiadas para la evaluación no destructiva de factores de calidad que están relacionados con variaciones en la densidad. Tanto las radiaciones X como las gamma se han utilizado para evaluar la madurez de lechugas, ya que éstas se hacen más densas según maduran; hace años que existe un selector comercial para las cosechadoras de lechugas. Las técnicas de rayos X se han utilizado para detectar magulladuras en manzanas, corazón hue-

Fig. 5. Imágenes binarias del desarrollo de la superficie de una manzana con magulladuras (golpes visibles), obtenida por medio de una cámara de video.
(A: imagen original, B y C: filtradas y tratadas para aumentar la nitidez).
(Rehkhugler y Throop, 1989).



co en patatas, hueso partido en melocotones y granulación o corteza rugosa en cítricos. Existen varios dispositivos comerciales que utilizan los rayos X para la tria y clasificación de cítricos, terrones y piedras de patatas, a los que se suponen otras aplicaciones futuras de interés.

Visión-análisis de imagen

En los últimos años está creciendo enormemente el interés por el desarrollo de sistemas de visión para sustituir la inspección visual humana de los diferentes productos y alimentos. Uno de los principales condicionantes para este desarrollo en su aplicación a frutos y hortalizas es alcanzar la capacidad de analizar la imagen rápidamente y con precisión. Este es el principal obstáculo para el desarrollo de estos dispositivos, pues la obtención de imágenes por diversos métodos (vídeo, televisión, rayos-X, imágenes R. M. N.), las cuales muestren los frutos u hortalizas, con los posibles daños y/o defectos externos o internos, puede ser hoy resuelta.

Recientemente, las nuevas tecnologías electrónicas y de procesado de la información, con costes en descenso, han colocado a los sistemas de visión robotizada en una posición más atractiva para su posible aplicación a la evaluación no destructiva de los productos agrícolas y alimentarios. Como resultado de ello, se han desarrollado nuevos algoritmos y arquitecturas de ordenadores para el análisis de las imágenes a altas velocidades. Así, se ha desarrollado un sistema para la eliminación de manzanas magulladas; existe un dispositivo comercial que es capaz de diferenciar entre imágenes erráticas e imágenes definidas como "normales".

Estas son algunas de las aplicaciones (ya conseguidas) de estas técnicas: detección de daños y clasificación en dátiles, basada en las arrugas superficiales; clasificación de patatas en diversas categorías, según forma y tamaño, con una capacidad de hasta 40 tubérculos; detección de defectos en ciruelas pasas, clasificación de melocotones por calidades; detección de corazón pardo en manzanas, por imágenes de transmisión óptica; detección de restos de huesos en melocotones, por imágenes de rayos x, y otras muchas. Esta técnica es

actualmente la que más rápidamente se está desarrollando, y en la que será necesario incidir y desarrollar en el próximo futuro, para las aplicaciones aquí consideradas.

Bibliografía

Nota: Se incluyen exclusivamente las más importantes y las que contienen a su vez listas completas de referencias en estos temas:

- ALBADALEJO, J.; JUSTE, F., y VALIENTE R. (1989): *Aplicación de técnicas de análisis de imagen para la detección de frutos en árbol*. Actas de la 21ª Conf. Int. de Mecanización Agraria (CIMA). Zaragoza.: 410-405.
- CHEN, P. (1978): "Use of optical properties of food materials in quality evaluation and materials sorting. Food", *J., Process Engng.* 2: 307-322.
- CHEN, P., y SUN Z. (1989): *Nondestructive methods for quality evaluation and sorting of agricultural products*. Proc. IV Int. Congress on Physical Properties of Agricultural Materials. Rostock (Alemania Oriental).
- CHEN P.; MCCARTHY M. C., y KAUTEN R. (1988): "Potential use of N. M. R. for internal quality evaluation of fruits and vegetables". *ASAE Papel* no. 88-6572.
- FELLER R.; MARGOLIN E.; ZACHARIN A., Y PASTERNAK H. (1985): "Development of a clod separator for potato packing houses". *Transactions ASAE* 27 (2): 353-357.
- GODINEZ P. A. (1987): "Inspection of surface flaws and textures". *Sensores*. June. 27-32.
- MARCHANT J. A. (1988): "Computer vision in Agricultural Engineering". 43 (2): 40-42.
- MCRAE D. C.; PORTEOUS R. L., y MUIR A.Y. (1989): *Automatic grading of agricultural produce*. Proc. CIGR Congress. Dublin: 143-157.

REHKUGLER G. E., y THROOP J. A. (1989): "Image processing algorithm for apple defect detection". *Transactions of the ASAE* 32 (1): 2667-272.

RUIZ M., y CHEN P. (1982): "Use of first derivatives of spectral reflectance to detect mold on tomatoes". *Transactions ASAE* 25 (3) 759-762.

RUIZ, M.; GARCÍA, C., y IBÁÑEZ R. (1989): "Control de la madurez en frutos por medio de ensayos de impacto". 21 Conf. Int. mecanización Agraria (CIMA) Zaragoza. 10-13 abril.

THOMASON R. L. (1986): *High speed machine vision inspection for surface flaws, textures and contours*. Proc. Vision 1986 Conf. Detroit, Michigan.: 5-51.61.

ZALTZMAN A.; VERMA B. P; y SCHMILOVITCH, Z. (1987): "Potential of quality sorting of fruits and vegetables using fluidized bed medium". *Trans. ASAE* 30 (3): 823-831.

